

江西相山碎斑熔岩成因和 钾长石亚显微结构*

刘昌实 薛纪越 张根娣 沈渭洲 陈繁荣**

(南京大学地球科学系, 南京 210008)

张富生

(南京大学现代测试中心)

主题词 碎斑熔岩 钾长石有序度 亚显微结构

提要 相山碎斑熔岩含铁铝榴石(1340 g/T)、红柱石等岩浆结晶副矿物,具S型火山岩地球化学和Nd、Sr、O同位素组成的特征。据光学测定和X光粉晶衍射测定,斑晶钾长石主要是高正长石或低透长石,有序参数 $\delta' = -0.32 \sim -0.01$ 。在透射电镜下,出溶的细钠长石页片由共格拐点分解形成,成分波长约50—100nm;出溶的宽钠长石页片由无应力离溶作用形成,页片宽50—200 nm。结果表明,碎斑熔岩是在火山环境下形成,而不是在深成环境下形成。

1 地质概况

江西省乐安县相山中生代火山盆地位于赣杭火山岩带的西南端,为一以酸性火山岩为主体的火山-侵入杂岩,东西宽25 km,南北长18 km。近年来核工业部261地质大队通过1/20万填图,恢复了该区火山喷发历史,证实了相山破火山口塌陷构造的存在,对进一步找矿起了重要的促进作用^①。该区火山岩主要由打鼓顶组(J_3d)的流纹英安岩和鹅湖岭组(J_3e)碎斑熔岩组成。前者产状一般向破火山口倾斜。后者经深部钻探证实其剖面形状为中间厚、四周薄的“蘑菇状”(图1),在活动方式上兼有隐爆、喷溢、次火山岩相侵位等多方面特征。根据所含包体和岩石结构变化,笔者按261地质队的划分,将相山鹅湖岭组碎斑熔岩分为三个岩相带。

(1) 底板相带(剖面上),相当于碎斑熔岩最下层位,在平面上分布于碎斑熔岩的最外围,含较多火山盆地基底岩石角砾(震旦系黑云母片岩)。主要岩石类型为泡沫熔岩。受隐爆应力影响,斑晶钾长石、斜长石、石英多数已碎裂成晶屑,斑晶黑云母解理面也发生挠曲。基质由于岩浆发泡而撕裂成各种不同形态的熔岩条带,类似于塑性玻屑,绕斑晶而排列,但并未相互紧密熔接。基质的结晶程度较差,一般呈显微霏细结构,偶见少量火

* 由国家自然科学基金委48970173项目资助

** 陈繁荣现在中科院贵阳地球化学研究所博士后流动站

① 华东地勘局261地质大队,1988,相山矿田地质特征和成矿条件。

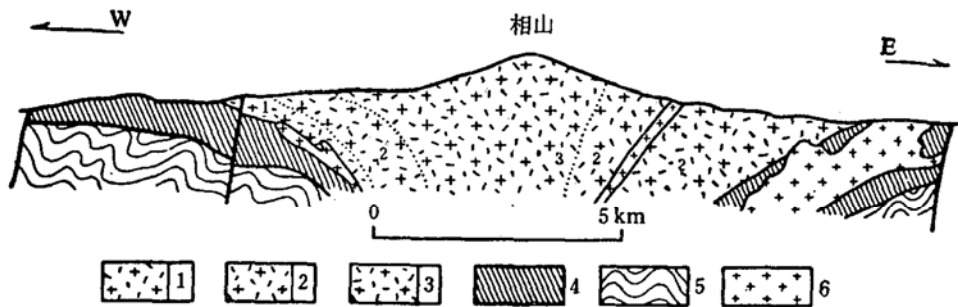


图 1 江西相山破火山口地质剖面图

Fig. 1 Schematic geological section of Xiangshan caldera

1—鹅湖岭组 (J_3e)碎斑熔岩底板相带; 2—碎斑熔岩中间相带; 3—碎斑熔岩中心相带; 4—打鼓顶组 (J_3d)流纹英安岩; 5—震旦系变质岩; 6—一次火山岩相花岗斑岩

山玻璃。

(2) 中间相带, 是碎斑熔岩的主体部分。主要岩石类型为碎斑熔岩。长石、石英晶已碎裂, 沿其裂缝被基质分开, 碎而不散, 位移不大。基质结晶程度高于底板相带, 多呈显微粒状-显微嵌晶结构, 粒度在 $0.01-0.05\text{ mm}$ 之间。不含条带状玻璃屑, 所含基底岩石角砾数量也明显减少。据火山岩岩相划分, 以上二个相带岩石与火山作用的隐爆-喷溢相岩石特征相似。

(3) 中心相带, 位于碎斑熔岩中心部位。岩石类型以碎斑花岗斑岩为主。斑晶破碎程度减弱, 基质结晶程度提高, 以微花岗结构为主, 粒度 $>0.05\text{ mm}$ 。不含基底岩石角砾, 但含较多花岗斑岩捕虏体, 与火山作用中次火山岩相侵位特征相似。该相带在深部可能过渡为火山颈相的花岗斑岩。以上三个相带在野外呈逐渐过渡。

本次在中心相带和中间相带的副矿物研究中取得了新进展^①。发现了特征的铝硅酸盐副矿物, 主要有: ①石榴石, 含量达 1340 g/T , 棕红色, 粒径为 $0.3\text{ mm}\pm$, 以菱形十二面体为主, 不具筛状构造。晶体普遍含 $5-30\text{ }\mu\text{m}$ 的含钛磁铁矿包裹体, 探针分析其 $\text{TiO}_2/\text{TFeO}=0.2\pm$ 。三个颗粒三点探针分析获得相山石榴石平均端员成分为: $\text{Gro}_{35}\text{Spe}_1\text{Pyr}_{19}\text{Alm}_{45}$ (mol%), 为富 Fe、Ca 贫 Mg、Mn 的铁铝榴石, 与澳大利亚 S 型火山岩中产出的铁铝榴石成分相当⁽¹⁾。②红柱石, 含量达 55 g/T , 柱状自形晶, 探针分析其化学式为: $\text{Al}_{1.99}[\text{Si}_{0.99}\text{O}_4]\text{O}$, 与红柱石理论成分相当。含岩浆结晶的红柱石雏晶近期在秘鲁南部 S 型熔结凝灰岩中也有发现, 表明红柱石在富氟流纹质岩浆中可作为原生岩浆矿物出现⁽²⁾。

2 地球化学特征

三个相带岩石的化学成分、微量、稀土元素分析结果列于表 1。由表 1 可见, 从底板相带经中间相带到中心相带, 岩石的地球化学特征呈明显渐变, 表现为: SiO_2 含量递减

① 刘昌实等, 1992, 江西相山-东乡中生代火山岩中富铝矿物的发现和成因意义, 待刊。

(76.76%→71.81%); FM 值 ($Fe_2O_3 + FeO + MnO + MgO$) 递增 (1.69%→3.39%); CaO 递增 (1.00%→1.89%); Rb/Sr 比递减 (4.28→1.46); 稀土总量递减 (273.39 ppm→204.53 ppm); La_N/Yb_N 比递减 (9.56→5.48) 等。这些特征参数在小范围内作有规律变化, 显然是由于本区流纹质岩浆房内成分带状变化引起的。

由表 1 可见, 碎斑熔岩作为一个整体也具有许多共同的地球化学特征, 如: ①多数呈弱过铝质 (除中心相带外), 含标准矿物刚玉达 0.40%—0.80%; ②相对富钾质, $K_2O/Na_2O = 1.73—2.00$; ③高的 Rb/Sr 比, 普遍大于 1; ④高的稀土总量, $\Sigma REE > 200$ ppm; ⑤中等 Eu 亏损, $\delta Eu = 0.25—0.48$, 弱的 Ce 亏损, $\delta Ce = 0.76—0.85$; ⑥相对富含轻稀土, $La_N/Yb_N > 5.48$; ⑦较高的铯初始比, 方锡珩等用等时线法测得碎斑熔岩 $I_{Sr}(T) = 0.7130 (T = 147 \text{ Ma})$ ^[3]。本文测得钾长石斑晶 $I_{Sr}(0) = 0.7124$ 。⑧较低的钕初始比, 碎斑熔岩全岩 $\epsilon_{Nd}(T) = -13.4$, 本区打鼓顶组流纹英安岩 $\epsilon_{Nd}(T) = -8.8—-9.4$ ^①; ⑨相对富重氧, 斑晶石英测得 $\delta^{18}O = 13.2\text{‰}$ 。

本区碎斑熔岩含特征的富铝硅酸盐副矿物, 其上述地球化学特征与华南 S 型花岗岩和近期在澳大利亚发现的 S 型火山岩极其相似。笔者认为其源区物质主要应为变质沉积岩组成。成因上归属 S 型火山岩。

3 钾长石结构态和亚显微结构

相山碎斑熔岩在成岩机制上长期存在两种意见。一种认为是浅成侵入体^[4], 另一种认为是接近于火山熔岩 (碎斑熔岩或凝灰熔岩)。笔者下面主要从碎斑熔岩中斑晶钾长石的 Al/Si 有序排列和出溶的亚显微结构特征出发, 阐述钾长石形成的热状态。

3.1 实验和测算方法

将少量岩块碎至 0.3 mm—0.4 mm 大小的颗粒, 经由电磁选、重液分选, 排去磁性矿物、石英和斜长石。在双目镜下挑选 (001) 和 (010) 两组解理均发育的钾长石碎屑, 此种碎屑在制造砂薄片时能较容易找到垂直或近于垂直 BXA 的切面, 并用费氏台锥光法直接测定钾长石的光轴角。

用作 X 光粉晶衍射的样品, 在双目镜下挑选钾长石, 纯度达 99% 以上。磨细后用日本理学 D/MAX III A 衍射仪进行测定, 工作条件为: $CuK\alpha$ 辐射, 管压 40 kV, 管流 20 mA。狭缝系统: $DS = 1^\circ$, $SS = 1^\circ$, $RS = 0.15 \text{ mm}$; 扫描速度 $1^\circ (2\theta)/\text{min}$, 范围 $18^\circ—55^\circ$ 。样品中添加极少量 α -石英作内标, 对钾长石反射峰位置进行校准。晶胞参数计算是采用薛纪越等编制的低对称晶体晶胞参数电算程序进行, 精度要求 $(1/d^2)$ 误差小于 10^{-3} \AA , 与美国 9214 程序有相同的拟合精度。Al 在四种四面体位置上占位率 ($t_{1O}, t_{1M}, t_{2O}, t_{2M}$) 采用 H. Kroll 的晶胞参数法进行计算^[6]。有序度 δ 计算采用 Ragland 方法^[7]。隐纹长石内应变量计算采用 Bernotat 方法 (转引自文献[8]), 即 $\Delta a = a_m - [8.634 - (11.437 - 0.12226 b \cdot c)^{1/2}]$, 当 $\Delta a > 0.05 \text{ \AA}$ 时为异常晶胞。以上全部测算结果列于表 2, 绘制成 $2\theta_{200} - 2\theta_{060}$ 图解 (图 2) 和 $b \cdot c - a$ 图解 (图 3)。钾长石成分由探针分析测定, 微区选

① 王德滋等, 1992, 浙西、赣东北两类成因碎斑熔岩对比, 待刊。

表 1 相山碎斑熔岩各相带化学成分、微量元素和稀土元素含量
Table 1 Chemical composition and trace element and rare earth element contents of the Xiangshan porphyroclastic lava

序号 ^②	SiO ₂ ^①	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	烧失量	Rb	Sr	Sc	La	Ce
1	76.70	0.06	12.13	0.24	1.22	0.05	0.18	1.00	2.79	4.84	0.72	270	63	3.5	58.02	107.90
2	74.62	0.17	13.05	0.69	1.13	0.04	0.34	1.10	2.84	5.15	0.90	241	104	4.7	51.40	92.51
3	71.81	0.22	12.01	1.66	1.16	0.07	0.50	1.69	3.26	6.55	0.79	217	148	5.2	32.93	69.15
序号	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	δEu	δCe	Nor-C
1	12.35	43.19	7.87	1.04	6.17	0.84	4.78	1.20	2.58	0.42	2.35	0.35	24.33	0.48		0.48
2	11.65	41.67	8.50	0.88	7.10	1.02	5.99	1.46	3.27	0.60	3.08	0.45	31.81	0.37		0.80
3	8.35	30.17	7.08	0.52	6.39	0.96	6.01	1.43	3.54	0.66	3.57	0.52	33.25	0.25		0

① SiO₂ 至烧失量为 wt%, Rb 至 Y 为 ppm; ② 1—底板相带的泡沫熔岩, 2—中间相带的碎斑熔岩, 3—中心相带的碎斑花岗岩。

表 2 相山碎斑熔岩斑晶钾长石 X 光粉晶测定和计算结果
Table 2 X-ray powder diffraction determinations of K-feldspar phenocrysts from the Xiangshan porphyroclastic lava

序号	原号 ^①	2θ 值(CuKα)及其指标											晶胞参数和结构				光轴角		
		201	111	130	112	131	041	241	060	204	a(Å)	b(Å)	c(Å)	β(°)	V(Å ³)	δ'		τ ₀	Δσ(Å)
1	60416	20.929	25.556	25.634	29.839	30.728		41.734	50.798	8.609	12.981	7.187	116.00	721.8	-0.01	0.38	0.150	53	
2	92009	20.980	22.544	23.564	25.679	29.842	30.838	34.780	41.700	50.805	8.601	12.983	7.185	116.10	720.4	-0.20	0.36	0.146	40
3	90704	20.987	22.600	23.565	25.712	29.880	30.875	41.746	50.876	8.591	12.970	7.176	116.15	717.7	-0.32	0.36	0.197	41	
3-b	90704-b		25.716	29.853	30.836	34.900	41.728	50.872	8.543	12.974	7.186	115.87	723.3	-0.04	0.37	0.105			
	HS								8.605	13.031	7.177	116.60			0.25				

① HS—高透长石, 引自 Kroll^②; 60416—取自碎斑熔岩底板相带; 92009—中间相带; 90704—中心相带; 90704-b 为中心相带基质中钾长石

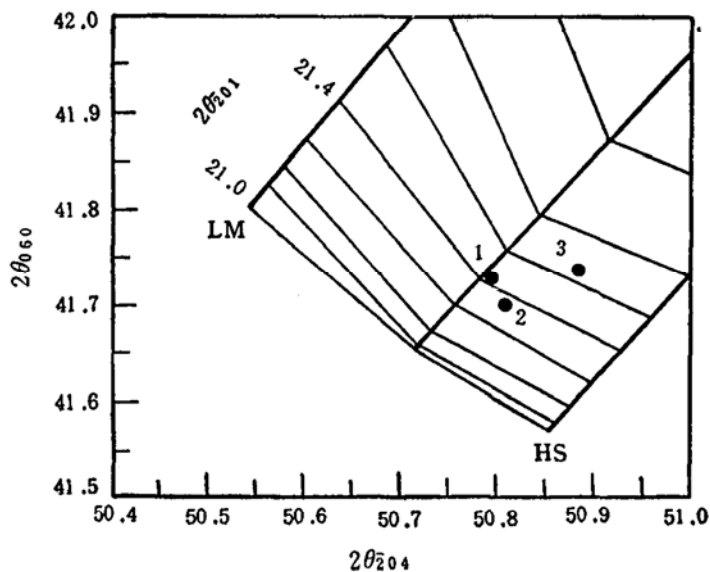


图 2 江西相山碎斑熔岩斑晶钾长石 $2\theta_{04} - 2\theta_{060}$ (CuK α) 图解 (仿 T. L. Wright, 1968^[9])
(号码同表 1 序号)

Fig. 2 $2\theta_{04} - 2\theta_{060}$ (CuK α) diagram for K-feldspar phenocrysts of the Xiangshan porphyroclastic lava (after T. L. Wright, 1968^[9]).
(Number as for Table 1.)

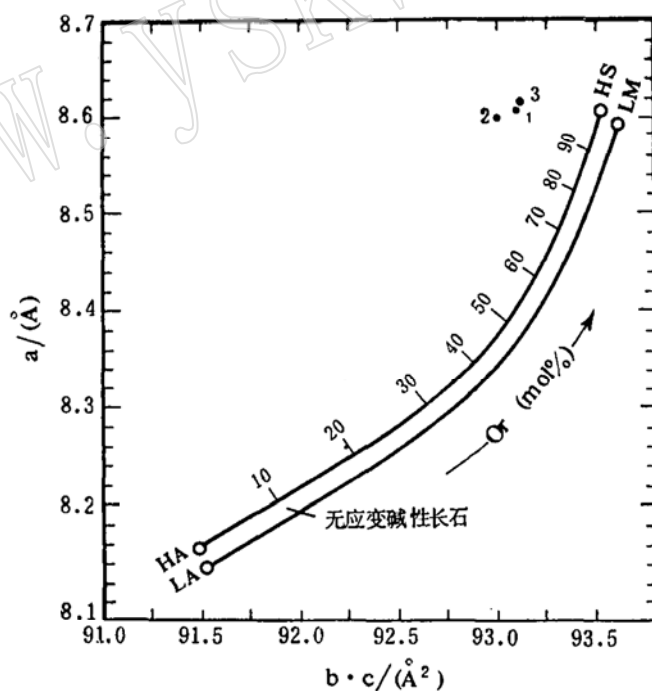


图 3 江西相山碎斑熔岩斑晶钾长石 $b \cdot c$ (Å^2) - a (Å) 图解 (仿 W. Bernotat, 1982, 转引自文献[8])
(号码同表 1 序号)

Fig. 3 $b \cdot c$ (Å^2) - a (Å) plot for K-feldspar phenocrysts of the Xiangshan porphyroclastic lava (after W. Bernotat, 1982, cited from Ref. [8]),
(Number as for Table 1.)

光学上无条纹交生的部位, 其结果见表3。

表3 相山碎斑熔岩斑晶钾长石的化学成分

Table 3 Chemical composition of K-feldspar phenocrysts from the Xiangshan porphyroclastic lava

原号	含量 (wt%) ^①								8个氧原子数为基础					成分
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	总量	Si	Al	Ca	Na	K	
60416	66.27	18.59	0.04	0.04	0.04	2.52	12.05	99.55	3.02	0.99	0.002	0.22	0.70	Or ₇₆ Ab ₂₄
92009	66.41	18.52	0.09		0.01	2.51	12.44	99.98	3.01	0.99		0.22	0.72	Or ₇₇ Ab ₂₃

① 探针分析由中国地质大学探针室完成

透射电镜观察在南京大学测试中心的JEM-200 CX电镜上完成。观察样品经离子薄化器减薄, 全部观察均在加速电压200 kV的条件下进行。

3.2 结果和讨论

3.2.1 X光粉晶衍射测定结果

90704号钾长石取自碎斑熔岩的中心相带, 92009样品取自中间相带, 而60416和60414则取自底板相带。从钾长石格子参数和有序参数判断, 按Kroll分类^[6], 60416号长石为高正长石, 其光轴角 $(-2V) = 53^\circ$ [光轴面 $\parallel (010)$], $t_{10} = t_{1m} = 0.38$, 在 $2\theta_{204} - 2\theta_{060}$ 图解中位于正长石边界上(图2)。笔者认为它的Al/Si有序情况与其产于底板相带有关。从岩浆房分带而言, 底板相带的碎斑熔岩岩浆在喷溢前应属顶部岩浆层。由于富SiO₂(表1)以及它与围岩接触而消耗热量, 因而温度相对于中间相带和中心相带的要低些, 结晶于其中的钾长石斑晶经历了这样温度条件下的退火, 其结构态相对较低。据92009和90704两个样品的光轴角测定, $(-2V)$ 分别为 40° 和 41° (三个颗粒测定平均)。从晶胞参数和有序参数来看, 这两个样品都应归属低透长石, 在X光粉晶衍射结果上具有如下特征: ①这两个样品的 $2\theta_{204}$ 均出现在大于 50.80° 位置上, 这是低透长石(204)反射峰的特征位置^[6]; ② δ' 为负值(-0.20 — -0.38), 在图2中投影点位于低透长石区; ③较短的C轴, 其晶胞参数较接近于高透长石端员; ④晶格内具较大的应力, $\Delta a = 0.140 \text{ \AA} - 0.197 \text{ \AA}$, 为Bernotat^[8]定义的异常晶胞, 在 $b \cdot c - a$ 图解中(图3)投影点落在钾质隐纹长石范围内, 远离无应力碱性长石带。这些特征表明, 中间相带和中心相带的岩石是由岩浆房内中部一下部岩浆层喷溢-浅侵位形成, 由于该岩浆层略贫SiO₂而富Fe、Mg质(表1), 因而温度较高, 其中钾长石斑晶遭受了较高温的退火, 而保存了Al/Si较无序的结构态。

3.2.2 透射电镜观察

试样60414经切片, 选上 $[010]$ 的钾长石切面, 粘上铜网, 用离子薄化器减薄后在透射电镜下观察。60414取自碎斑熔岩的底板相带。在透射电镜下可见两种亚显微出溶结构, 分别由两种出溶机理制约。

(1) 平衡(无应变)离溶作用 出溶的Na质页片是早期形成的。据主晶钾长石成分估计(表3), 其离溶温度为 $520^\circ\text{C} \pm$ ^[8]。形成的钠质页片宽度较大, 单个页片宽为50—200 nm。页片与基质界面平直, 条纹周期约为200—500 nm(照片1), 出溶强度

弱,分布有限。相应的衍射花样(照片1之插图)表明,Na、K相衍射点已明显分裂,钾相衍射点较粗大,钠相衍射点较细小,表明钠质页片与主晶钾长石为非共格交生。

(2) 拐点分解(Spinodal decomposition),据主晶钾长石成分(表3)估计,拐点分解温度约为 $400^{\circ}\text{C} \pm^{(8)}$,这种出溶结构在钾长石主晶中普遍发育。形成的钠质页片,形状为波纹状,调制的波长约为50—100 nm(照片2),单个页片宽约20—50 nm,比平衡离溶形成的钠质页片要窄得多,页片延伸一般也只有 $400 \text{ nm} \pm$ 。页片与基质的界面通常呈弥散状,不平直,分叉、合并以及和基质过渡的现象极为普遍。对应的衍射花样中均见衍射点在垂直于钠质页片的界面方向上有轻微的拉长,未出现钾、钠相衍射点的分离(照片2之插图),表明出溶的钠质页片与钾质基质之间呈共格交生,碱性长石发育着成分调制结构,Na、K成分分布为一正弦波。这些结果与其X光衍射分析所得出的具有较大晶格应力是一致的($\Delta a = 0.140 \text{ \AA} - 0.179 \text{ \AA}$,表2)。

P. E. Champness⁽¹⁰⁾ 曾用TTT图解形象地说明岩浆冷却速率与钾长石出溶机理之间的联系。分为四种情况(图4):①在很快冷却速率下(如:猛烈爆发形成的火山碎屑岩中钾长石晶屑),以D线所示,钾长石不发生离溶作用。②在较快冷却速率下(熔岩中钾长石斑晶),以C线所示,钾长石斑晶只发生拐点分解。③与中等冷却速率下(次火山岩中钾长石斑晶),如B线所示,早期发生平衡(无应变)离溶,晚期形成拐点分解。④缓慢冷却速率下(如深成岩中钾长石),以A线表示,只出现平衡离溶。相山碎斑熔岩底板相带的钾长石在透射电镜下,能同时见到平衡离溶和拐点分解两种不同机制形成的钠质页片。笔者认为其冷却速率应介于B-C曲线之间,很接近于熔岩或次火山岩的冷却环境。

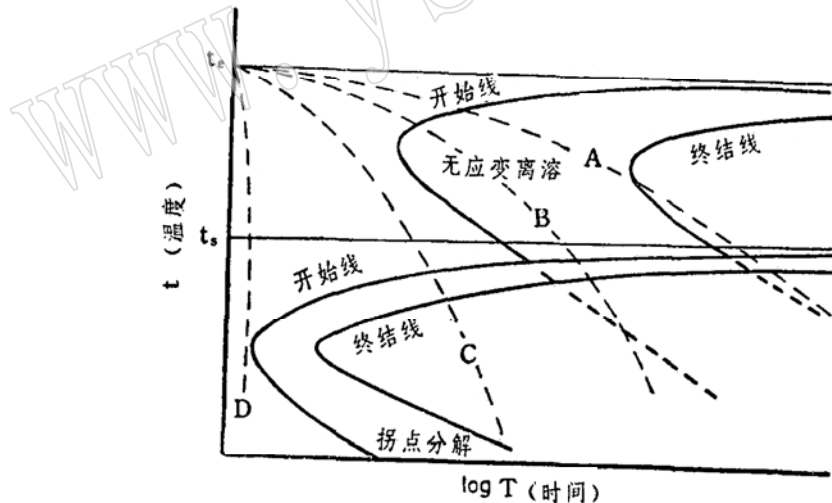


图4 相山碎斑熔岩钾长石斑晶离溶作用示意图(仿P. E. Champness, 1976⁽¹⁰⁾)

Fig. 4 Schematic diagram for exsolution process of K-feldspar phenocrysts from the Xiangshan porphyfoclastic lava (after P. E. Champness, 1976⁽¹⁰⁾).

t_e —无应变离溶起始温度; t_s —拐点分解起始温度; A、B、C、D—分别为缓慢、中等、较快、很快冷却速率下。

4 小 结

(1) 相山上侏罗统碎斑熔岩成分上以流纹质为主,含较多的铁铝榴石、红柱石等岩

浆结晶的富铝硅酸盐副矿物。在岩石化学、地球化学、和 Nd、Sr、O 同位素组成特征上与华南 S 型花岗岩和国外 S 型火山岩相似，成因上应归属 S 型火山岩。

(2) 碎斑熔岩作为整体，其斑晶钾长石为高温岩浆深部结晶的产物，在岩浆上升、隐爆、喷溢过程中破碎，并随着基质岩浆在地表或近地表处较快冷却而退火，形成 Al/Si 有序化程度低的高正长石或低透长石。相对于深成岩，其冷却速率较快，过冷度较大，钾长石的离溶作用受两种不同机理控制：早期为无应变（非共格）离溶，形成较粗的钠质页片，但离溶强度弱；晚期为共格拐点分解，形成波纹状钠质页片，强度大。从斑晶钾长石低结构态和出溶机理这一性质表明，碎斑熔岩形成环境接近于火山岩或次火山岩，而与深成岩差别较大。它的冷却速率明显快于深成岩而接近于火山熔岩。从这一点上说，把其鉴定为“碎斑熔岩”是合理的，而以往某些研究者曾把它鉴定为“斑状花岗岩”或“花岗斑岩”是不合理的。

作者对华东地勘局蒋兴泉、陈铭佐高级工程师在野外工作中给予的热情帮助表示感谢。

参 考 文 献

- 1 Wyborn, D., Chappell, B. W., Johnston, R. M., Three S-type volcanic suites from the Lachlan fold belt, southeast Australia, *Jour. Geophys. Research*, 1981, 86(B11): 10335—10348.
- 2 Donald, C.N., Thomas, A.V., Paula, S.P., Gary, P.L., Norman, K.G., Peter, A.J., Edwin, H. M., Rare-element-enriched, S-type ash-flow tuffs containing phenocrysts of muscovite, andalusite, and sillimanite, southeastern Peru. *Geology*, 1984, 12(1): 35—39.
- 3 方锡珩、侯文尧、万国良. 相山破火山口火山杂岩体的岩石研究. *岩矿测试*, 1982, 1(2): 1—10.
- 4 刘家远. 相山岩体——一个壳源花岗质浅成侵入火山杂岩体. *地球化学*, (2): 142—149
- 5 薛纪越、刘昌实. 用德拜图测定低对称晶体晶胞参数的电算方法. *南京大学学报自然科学版*, 1981, (1): 143—149.
- 6 Kroll, H., Ribbe, P. H., Determining (Al, Si) distribution and strain in alkali feldspar using lattice parameters and diffraction-peak positions: A review. *American Mineralogist*, 1987, 72(5—6): 491—506.
- 7 Ragland, P. C., Composition and structural state of the potassic phase in perthites as related to petrogenesis of granitic pluton. *Lithos*, 1970, 3(2): 167—189.
- 8 Ribbe, P. H. 主编. 长石矿物学. 曾荣树等译. 北京: 地质出版社, 1989, 44—77
- 9 Wright, T. L., X-ray and optical study of alkali feldspar II. An X-ray method of determining the composition and structural state from measurement of 2θ values for three reflections, *American Mineralogist*, 1968, 53(1—2): 88—104.
- 10 Champness, P. E., Lorimer, G. W., Exsolution in silicate. in: Wenk, H. R., ed. *Electron microscopy in mineralogy*. Springer-Verly Berlin Heidelberg. New York, 1976, 174—213.

Genesis of the Xiangshan Porphyroclastic Lava and Submicroscopic Structure of Its K-feldspar Phenocrysts

Liu Changshi, Xue Jiyue, Zhang Gendi, Shen Weizhou,
Chen Fanrong

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210008)

Zhang Fusheng

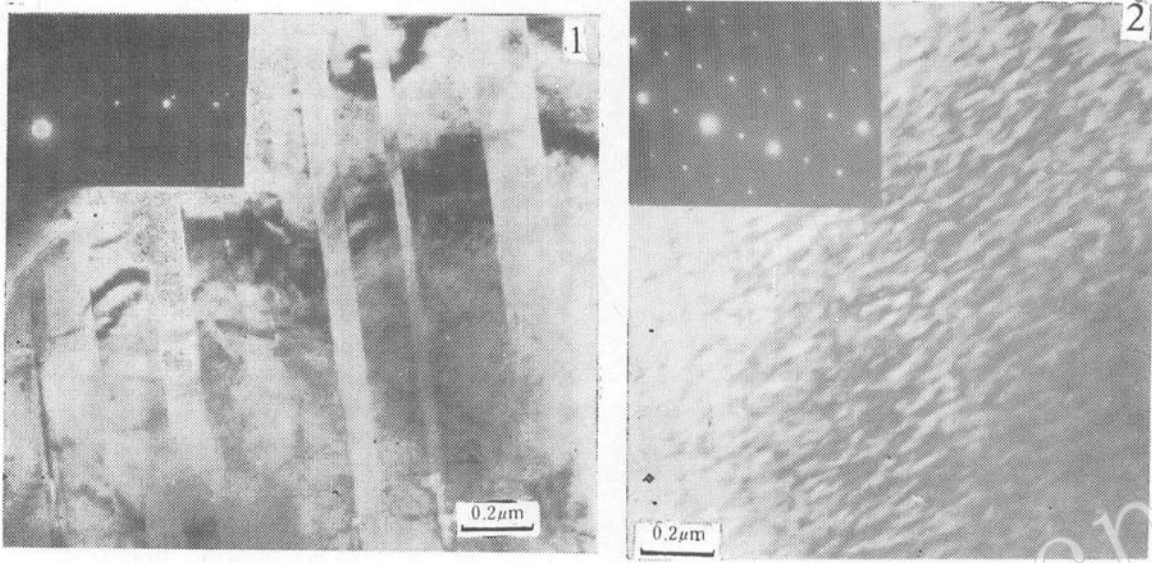
(Center of Material Analysis, Nanjing University, Nanjing 210008)

Key words: porphyroclastic lava; degree of order; submicroscopic structure

Abstract

The Upper Jurassic porphyroclastic lava exposed in Xiangshan area, Jiangxi Province, usually contains certain amounts of almandite and andalusite which crystallized from magma as accessory constituents. Geochemically, it shows many characteristics of S-type volcanic rocks and has Nd, Sr, O isotopic compositions.

Optical and X-ray powder diffraction determinations indicate that the K-feldspar in porphyroclastic lava is mainly high orthoclase or low sanidine, with optic angles ($-2V$) ranging from 40° to 53° , All occupancies at $t_1(O)$ sites from 0.36 to 0.38 and degree of order δ' from -0.32 to 0.11. It is seen under TEM that exsolved fine albite lamellae are formed by the decomposition process of coherent spinodal with the compositional wave-length about 50—100 nm, whereas wide albite lamellae are formed by strain-free exsolution with lamella width some 50—200 nm. These data suggest that the Xiangshan porphyroclastic lava was formed in volcanic environment rather than plutonic environment.



照片说明：江西相山碎斑熔岩底板相带岩石钾长石斑晶离溶作用透射电镜明场象。

1—无应变离溶形成的钠质页片；2—拐点分解形成的波纹状钠质页片。

www.yskw.ac.cn